

2

TRABAJOS CIENTÍFICOS

CAMBIOS ESTACIONALES EN EL CONTENIDO DE SEMILLAS VIABLES DE LOS SUELOS DE CUATRO PRADOS PIRENAICOS

R. REINÉ VIÑALES¹, C. CHOCARRO GÓMEZ² Y F. FILLAT ESTAQUÉ³

¹Area de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Ctra. Cuarte s/n. 22071 Huesca. ²Area de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. Alcalde Rovira Roure, 177. 25198 Lleida. ³Instituto Pirenaico de Ecología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Apartado 64. 22700 Jaca.

RESUMEN

Se estudia la variación estacional del banco de semillas del suelo, en cuatro comunidades pratenses de montaña, representativas de los distintos regímenes de gestión agrícola, en la zona de Fragen (Pirineos Centrales). Para ello, en dos momentos muy significativos en la dinámica de la vegetación de estos prados, como son la parada invernal y el primer corte de la hierba, se tomaron muestras de suelo. Tras un proceso de reducción, fueron puestas a germinar en un ambiente controlado. La composición de los bancos se estimó mediante la identificación y el conteo de las plántulas germinadas en estas fracciones.

Mediante la prueba estadística de Mann-Withney, se comparó en cada prado el tamaño y la composición específica de los bancos en las dos fechas muestrales. Los resultados indicaron que en los prados con manejo agrícola intensivo, se produce una fuerte recarga del banco en la época estival. Este efecto no es significativo en el prado explotado únicamente mediante pastoreo extensivo, en el que incluso algunas especies disminuyen sus reservas de semillas en el suelo en el muestreo de verano.

Palabras Clave: Banco de semillas del suelo, prados de montaña, gestión agrícola.

INTRODUCCIÓN

El banco de semillas tiene una dimensión espacio-temporal. En el suelo existe un flujo continuo de aportes y pérdidas de semillas por producción, dispersión, incorporación, germinación, predación y muerte fisiológica (Simpson *et al.*, 1989), que confieren al banco cierta dinámica. Su composición en cada momento del ciclo vegetativo dependerá del estado en que se encuentren dichos procesos.

Por causa de la laboriosidad que conllevan los estudios del banco de semillas en el suelo, éstos suelen basarse en muestreos puntuales, que no reflejan en la mayoría de las ocasiones el rico dinamismo del banco. Muestreos intensivos revelan cómo la disponibilidad de las semillas en el suelo cambia a lo largo del año (Thompson y Grime, 1979; Graham y Hutchings, 1988; Lavorel *et al.*, 1993). Algunas semillas sólo son aptas para la germinación en un corto periodo de tiempo tras su producción; en el suelo están de modo transitorio y posteriormente pierden la viabilidad o se transforman en durmientes. Otras, sin embargo, se mantienen permanentemente viables en el suelo a lo largo de todo el año, aunque su abundancia puede fluctuar tremendamente (Thompson y Grime, 1979).

En las comunidades herbáceas, las especies adoptan distintas estrategias para favorecer el éxito regenerativo a partir de sus semillas. En unas ocasiones sincronizan sus periodos reproductivos, para aprovechar por ejemplo las condiciones climáticas propicias para la germinación en ambientes fríos, mientras que en otras comunidades los segregan en el tiempo para evitar al máximo la competencia y la predación (Fenner, 1992). El régimen de perturbación que sufre la comunidad también influye directamente en la longitud de este periodo reproductivo y consecuentemente en la estacionalidad del banco de semillas. En los ambientes impredecibles, las especies producen semillas durante más tiempo que en los predecibles, maximizando así la suerte de algunas semillas de caer en los espacios vacíos adecuados para la germinación (Harper, 1977).

En los prados pirenaicos, la producción de semillas tiene lugar durante la época estival principalmente, antes de la realización del primer corte de la hierba. Esta siega suspende la producción de semillas de la mayoría de las especies hasta la siguiente campaña (Reiné y Fillat, 1992), por lo que nuestra hipótesis de partida es que en este momento el acervo de semillas en el suelo será máximo, sobre todo en las comunidades cuyo manejo incluya la realización del corte para henificar.

La composición taxonómica de la vegetación y del banco de semillas, y su distribución espacial ya fue objeto de anteriores trabajos (Reiné y Chocarro, 1993 y 1995). En el presente artículo se estudia la variación estacional de los bancos de semillas de cuatro prados, representativos de las distintas gestiones agrícolas que se llevan a cabo

en la zona central de los Pirineos. El objetivo principal es la comparación de la estructura estimada de los bancos de semillas (densidad de semillas y número de especies), en dos momentos muestrales muy significativos en la dinámica de estos bancos: la parada invernal y el primer corte de la hierba, observando las diferencias que pudieran presentarse entre los distintos manejos ganaderos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron cuatro prados en la localidad de Fragen, en el Valle de Broto del Pirineo Central español, situados entre las coordenadas U.T.M. 2721-4722 y 734-735, a 42°36'50" latitud norte y 0°8'25" longitud oeste. Esta pradería tiene una estructura en malla característica, quedando los prados aterrizados sobre las laderas del *Flysh*, individualizados por muros de piedra o hileras de árboles, hecho que denota el uso privado de las parcelas. Se distribuyen entre los 800 y los 1600 m, por encima de la isoyeta de 900 mm de lluvia anual.

Comunidades estudiadas

Se muestrearon los bancos de semillas de cuatro comunidades herbáceas representativas de los distintos manejos agroganaderos de la zona. Se describen a continuación ordenadas según el grado de intensificación agrícola empleada en su gestión, comenzando por las más intervenidas.

Prado de siega regado (R): Situado a 975 m orientación SE y superficie de 18450 m². Recibe dos cortes de hierba para henificar, y dos pastoreos, uno primaveral y otro otoñal, ambos muy intensivos (treinta cabezas de vacuno durante cuatro días consumen toda la oferta de hierba del prado en esos momentos). El primer corte se efectúa a finales de junio o comienzos de julio. Durante los meses de julio y agosto se riega a manta aprovechando la ligera pendiente del terreno, en dosis y frecuencias dependientes de las condiciones climatológicas. De esta manera se facilita el crecimiento de la hierba, a la que se le da el segundo corte a finales de agosto. En febrero se realiza un aporte de fertilidad con el reparto de purín de ganado vacuno, en dosis cuantificadas entre las 30-35 tm/ha. Cada 2-3 años se aplican de modo complementario pequeñas dosis de abonado mineral complejo (7-20-14, 0-14-7, 0-14-14-5, según años).

Prado de siega de secano con régimen de explotación intensivo (S-1): Situado a 1130 m, orientado al sur y de 13825 m² de superficie. Recibe un solo corte de hierba para henificar a mediados de julio y dos pastoreos de vacuno, con el mismo número de cabezas que el caso anterior, por ser propiedad del mismo ganadero (las vacas pastan

durante dos o tres días en él). Se fertiliza con purín de vacuno, también a dosis próximas a las 35 tm de materia fresca/ha a la salida de cada invierno, y como en el caso anterior cada dos-tres años recibe aportaciones de abonado inorgánico complejo.

Prado de siega de secano, con régimen de explotación extensivo (S-2): Enclavado en una terraza aluvial, a 1030 m, orientado al sur y con una superficie de 9056 m². Al no poder ser regado por su situación geográfica, recibe un solo corte de hierba para heno a mediados de julio y también dos pastoreos con ganado vacuno. Un rebaño de unas 15 vacas pastan en él en estas dos épocas durante 4-5 días. Se fertiliza orgánicamente a base de estiércol en lugar de purín, con dosis de aplicación del orden de los 21 tm/ha, y recibe anualmente un complemento mineral de abonado inorgánico complejo. La pertenencia de esta parcela a un propietario distinto de los dos anteriores, le confieren un régimen de explotación más extensivo, que se traduce como se ha descrito, en una reducción de la carga ganadera y de las dosis de fertilización.

Prado de diente (P): Situado a 1200 m, y orientado al sur. Ocupa 1077 m² de una ladera aterrazada que en su parte más ancha tiene poco más de diez metros, y hace unos veinte años todavía se dedicaba al cultivo del cereal. Su situación geográfica y su alejamiento del pueblo hacen que su única gestión consista en la realización de dos pastoreos con no más de diez vacas durante un día, en los periodos primaveral y otoñal.

Estimación del banco de semillas

El estudio del banco de semillas de estos prados se realizó durante el año 1993. El primero de los dos muestreos data del mes de febrero, el segundo se efectuó en el mes de julio, tras el primer corte de la hierba. Con la ayuda de una sonda manual de 3,5 cm de diámetro y 20 cm de profundidad se extrajeron en cada uno de los dos muestreos 100 cilindros de suelo distribuidos al azar sobre la superficie total de los cuatro prados. El volumen total de suelo recolectado en cada momento y prado fue de 19 242 cm³.

Las 100 muestras obtenidas en cada prado se homogeneizaron y se mezclaron en el laboratorio y, posteriormente, se estimó el banco de semillas en el volumen de suelo correspondiente a 10 muestras. La estimación del banco tanto en febrero como en julio, se efectuó mediante la puesta en germinación de las diez submuestras de forma individualizada en un ambiente controlado, siguiendo el método consistente en la puesta en germinación previo concentrado de las muestras (Barralis y Chadoeuf, 1980; Ter Heerdt *et al.*, 1996, Thompson *et al.*, 1997). A cada muestra, de manera individualizada, se le aplicó el tratamiento que pasa a describirse y que constó de las siguientes fases:

1) Eliminación de agregados de arcillas y gravas. Las muestras se trataron con una solución salina de 50 g de bicarbonato sódico en 1000 ml de agua, para favorecer el

proceso de la dispersión de los elementos finos. Posteriormente y con la ayuda de abundante agua corriente se filtraban, recogiendo la fracción de suelo retenida entre los cedazos de 4 y 0,2 mm de luz, compuesta principalmente por las arenas y las semillas. En el cedazo de 4 mm quedaban obstruidas las gravas y los fragmentos de raíces, que se desechaban, mientras que la malla de 0,2 mm de la segunda criba permitía la eliminación de las arcillas y los limos finos, reteniendo incluso las semillas de tamaño más pequeño. Periódicamente se observaba esta tela metálica con lupas binoculares comprobándose la ausencia de semillas entre el material incrustado en la malla. El tiempo empleado en esta parte del proceso fue de 20-25 minutos /muestra.

2) Puesta en germinación. Las fracciones lavadas se extendían completamente en una tela de nylon de manera que la profundidad fuese mínima y se colocaron sobre bandejas que contenían una capa de turba asentada en otra de grava estéril. Estas se introducían en una cámara de germinación programada para unas condiciones de fotoperiodo de 14 h luz (intensidad de 5-8 klux) a 25°C y 10 h de oscuridad a 15°C, condiciones estándar para la germinación de la mayoría de las semillas (Fenner, 1985; Gross, 1990; Roundy y Biedenbender, 1996). Mientras que la tela permitía la separación de las muestras del resto de las capas, sin impedir el desarrollo radicular de las plántulas hacia el substrato de turba, las gravas facilitaban el drenaje del conjunto, tras el riego que se practicaba dos veces por semana. En estas condiciones las muestras permanecían tres meses, a lo largo de los cuales se identificaban, contaban y eliminaban las plántulas nacidas.

3) Tratamiento con ácido giberélico. A partir del cuarto mes se trataron las muestras periódicamente, durante mes y medio, con una solución de 1 g/L de ácido giberélico GA₃, fitohormona de crecimiento que estimula la germinación de las semillas durmientes (Feast y Roberts, 1973; Evans *et al.*, 1996). Una vez concluido el periodo de germinación (4 meses y medio en total), en las primeras repeticiones se comprobó la eficiencia del método visualizando con lupa binocular una fracción (1/8) del residuo no germinado de cada muestra. Ante la ausencia de semillas en los restos analizados y lo tedioso del método (1 hora de observación por fracción), en el resto de las muestras no se realizó la comprobación y por lo tanto las semillas que pudieran quedar sin germinar se consideraron muertas o con dormiciones no superadas con los tratamientos realizados y por lo tanto de germinación muy dudosa en condiciones naturales.

Análisis de los datos

A partir del número de semillas y de especies identificadas en cada muestra se estimó la densidad de semillas en el suelo en términos de número medio de semillas viables/m², y la abundancia de especies como número medio de especies/ 9,62 cm² (superficie de

una muestra). También se calcularon los correspondientes errores estándar de las estimaciones.

Con la Prueba U de Mann-Whitney (ANOVA por rangos para dos muestras independientes) (Zar, 1984; Siegel, 1986) se analizaron las diferencias entre los resultados de estimación obtenidos en febrero y en julio.

RESULTADOS

Densidad y número medio de especies de los bancos de semillas

El número total de semillas viables por metro cuadrado en los primeros 20 cm de suelo se incrementó de manera significativa en el mes de julio en los prados con régimen de gestión intensiva. Tal como se observa en la Figura 1 en el *prado de regadío* la densidad estimada pasó de 9 354 semillas/m² en el mes de febrero a 20 892 semillas/m² en julio, y en el *secano intensivo* de 11 433 a 30 662 semillas/m². En ambos prados las cantidades de julio doblaron a las cuantificadas en la época invernal. En los prados de gestión extensiva no se produjo este incremento significativo: en el *secano extensivo* se

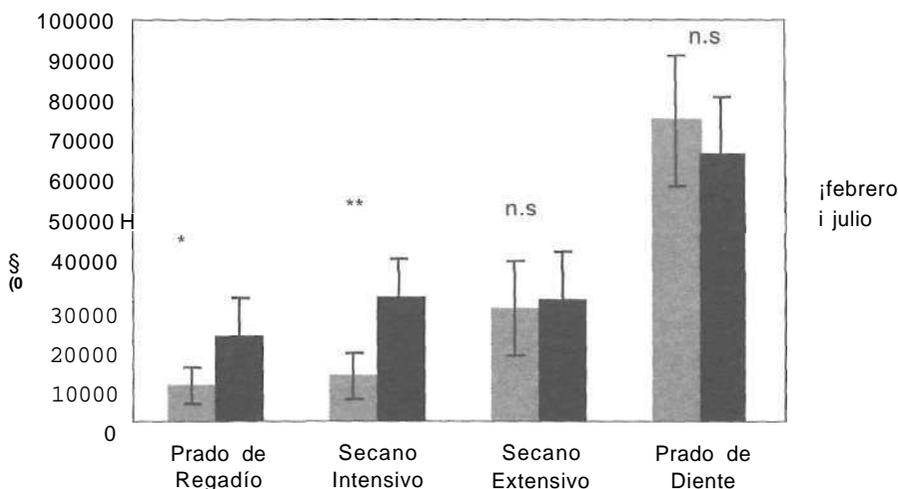


FIGURA 1

Densidades medias de semillas enterradas en el suelo y error estándar de cada estimación en los muestreos de febrero y de julio. La comparación entre las dos épocas se realizó mediante la prueba de Mann-Whitney (n=20; p<0,01 **; p<0,05 *; p>0,05 n.s.).

*Soil seed density estimated (mean and standard error) in February and July sampling. Mann-Whitney non parametric test (n=20; p<0.01 **; p<0.05 *; p>0.05 n.s.)*

obtuvieron 28 168 semillas/m² en febrero, frente a las 30 558 de julio y en el *prado de diente* las 75 149 semillas/m² estimadas en febrero incluso llegaron a descender a 66 938 en julio, aunque como ya se ha dicho de forma no significativa.

El número medio de especies identificadas por muestra (9,62 cm²) en los primeros 20 cm de suelo, se incrementó significativamente en julio en todos los prados estudiados, excepto en el más extensivo, el *prado de diente*. (Figura 2).

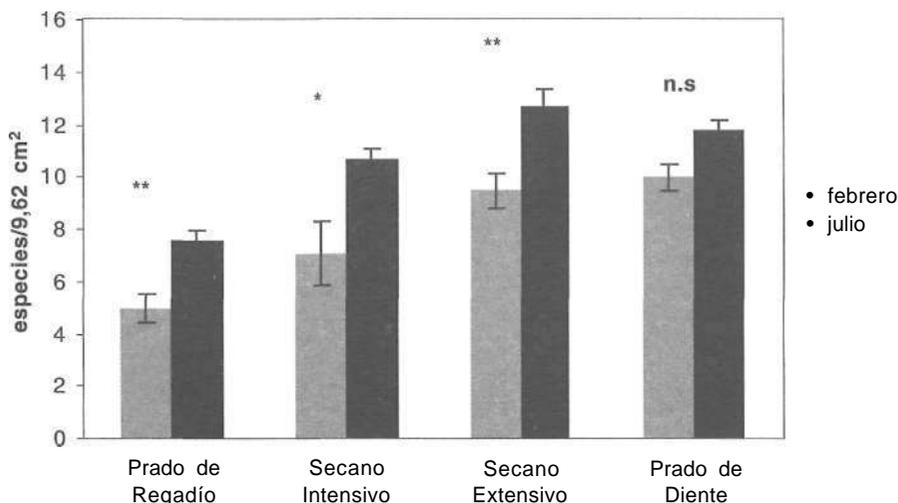


FIGURA 2

Número medio de especies identificadas en cada muestra y error estándar de la estimación en los muestreos de febrero y de julio. La comparación entre las dos épocas se realizó mediante la prueba de Mann-Withney (n=20; p<0,01 **; p<0,05 *; p>0,05 n.s.).

*Number of species identified in each sample (mean and standard error) in February and July sampling. Mann-Withney non parametric test (n=20; p<0.01 **; p<0.05 *; p>0.05 n.s.).*

Composición taxonómica

La composición florística comparada del *prado de regadío* en los muestreos de febrero y de julio queda reflejada en la Tabla 1. Cotejando las densidades estimadas de cada especie en los primeros 20 cm de suelo mediante la prueba de Mann-Wimney, se obtuvieron diferencias significativas en las especies *Agrostis capillaris* (1039 semillas/m² en febrero y 3326 en julio), *Dactylis glomerata* (207 semillas/m² en febrero y 2078 en julio) y *Holcus lanatus* (103 semillas/m² en febrero y 3326 en julio). Todas ellas pertenecientes a la familia de las gramíneas y suponen el 9,7% de las especies identificadas en ambos momentos muestrales.

TABLA 1

Composición florística comparada del banco de semillas del prado de regadío en los muestreos de febrero y julio. Densidad estimada en número medio de semillas/m² ± error estándar. Prueba de Mann-Withney (n=20; p<0,001 ***; p<0,01 **; p<0,05 *; p>0,05 n.s.).
Species composition of soil seed bank of the irrigated meadow in February and July sampling.
*Seed density estimated as mean number of seed/m² ± standard error. Mann-Withney non parametric test (n=20; p<0.001 ***; p<0.01 **; p<0.05 *; p>0.05 n.s.).*

Parcela: R Prado de Regadio Manejo Intensivo	BANCO DE SEMILLAS (n=10) número medio de individuos		P
	Media /m ² ± s.e.		
ESPECIES	FEBRERO-1993	JULIO-1993	
<i>Achillea millefolium</i>	--	104 ± 104	n.s.
<i>Agrostis capillaris</i>	1039 ± 490	3326 ± 756	*
<i>Anagallis arvensis</i>	--	104 ± 104	n.s.
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	520 ± 319	104 ± 104	n.s.
<i>Carex caryophyllica</i>	208 ± 208	104 ± 104	n.s.
<i>Cerastium fontanum</i>	--	208 ± 208	n.s.
<i>Chenopodium album</i>	208 ± 139	--	n.s.
<i>Clinopodium vulgare</i>	208 ± 139	--	n.s.
<i>Dactylis glomerata</i>	208 ± 139	2079 ± 438	**
<i>Daucus carota</i>	312 ± 159	312 ± 159	n.s.
<i>Festuca pratensis</i>	--	208 ± 139	n.s.
<i>Festuca rubra</i>	104 ± 104	--	n.s.
<i>Galium aparine</i>	104 ± 104	--	n.s.
<i>Holcus lanatus</i>	104 ± 104	3326 ± 874	***
<i>Hypericum perforatum</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Juncus bufonius</i>	--	416 ± 318	n.s.
<i>Juncus effusus</i>	624 ± 277	312 ± 222	n.s.
<i>Lamium purpureum</i>	1143 ± 476	1455 ± 444	n.s.
<i>Leucanthemum vulgare</i>	208 ± 139	728 ± 271	n.s.
<i>Lolium perenne</i>	--	208 ± 208	n.s.
<i>Lucula campestris</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Medicago lupulina</i>	104 ± 104	--	n.s.
<i>Medicago minima</i>	104 ± 104	--	n.s.
<i>Plantago lanceolata</i>	416 ± 318	520 ± 319	n.s.
<i>Poa pratensis</i>	104 ± 104	624 ± 230	n.s.
<i>Pranella laciniata</i>	208 ± 139	--	n.s.
<i>Ranunculus bulbosus</i>	--	208 ± 139	n.s.
<i>Stellaria media</i>	3014 ± 647	2702 ± 1042	n.s.
<i>Trifolium pratense</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Trifolium repens</i>	104 ± 104	208 ± 139	n.s.
<i>Veronica beccabunga</i>	--	3222 ± 3222	n.s.
Sin identificar	--	104 ± 104	n.s.

En el prado de secano manejado de forma intensiva se identificaron las especies que figuran en la Tabla 2. En este caso la comparación de las cantidades de semilla de las distintas especies identificadas en febrero y en julio arrojó diferencias significativas en el 17,9% de los taxones. Fueron los siguientes: *Agrostis capillaris* pasó de tener 1247 semillas/m² en los primeros 20 cm de suelo a tener 6340 semillas/m² en julio, *Arrhenatherum elatius* no se identificó en invierno y en julio tuvo 831 semillas/m², la densidad de *Dactylis glomerata* en febrero fue de 103 semillas/m² mientras que en julio fue de 4677, *Festuca pratensis* sólo estuvo presente en julio con 2286 semillas/m², *Holcus lanatus* también incrementó sus cantidades en el verano, de 623 semillas/m² pasó a 3845;

Lamium purpureum en febrero tuvo 1663 y en julio 1351 semillas/m² siendo la única especie que descendió sus reservas en el muestreo estival, finalmente *Taraxacum officinale* en febrero presentó 103 semillas/m² frente a las 1663 que se estimaron en julio.

TABLA 2

Composición florística comparada del banco de semillas del prado de secano intensivo en los muestreos de febrero y julio. Densidad estimada en número medio de semillas/m² ± error estándar. Prueba de Mann-Withney (n=20; p<0,001 ***; p<0,01 **; p<0,05 *; p>0,05 n.s.).
Species composition of soil seed bank of the non irrigated intensive meadow in February and July sampling. Seed density estimated as mean number of seed/m² ± standard error. Mann-Withney non parametric test (n=20; p<0.001 ***; p<0.01 **; p<0.05 *; p>0.05 n.s.).

Parcela: S-1 Prado de Secano Manejo Intensivo	BANCO DE SEMILLAS (n=10) número medio de individuos		P
	Media/m ² ± s.e.		
	FEBRERO-1993	JULIO-1993	
ESPECIES			
<i>Agrostis capillaris</i>	1247 ± 373	6340 ± 1449	**
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	416 ± 230	—	n.s.
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	104 ± 104	312 ± 159	n.s.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	—	832 ± 302	*
<i>Bromus hordeaceus</i>	—	208 ± 208	n.s.
<i>Carex caryophylla</i>	312 ± 222	104 ± 104	n.s.
<i>Cerastium fontanum</i>	520 ± 173	312 ± 222	n.s.
<i>Chenopodium album</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Clinopodium vulgare</i>	—	208 ± 208	n.s.
<i>Dactylis glomerata</i>	104 ± 104	4677 ± 933	***
<i>Daucus carota</i>	416 ± 170	208 ± 139	n.s.
<i>Festuca arundinacea</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Festuca pratensis</i>	—	2287 ± 787	**
<i>Festuca rubra</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Gallium aparine</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Geranium molle</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Holcus lanatus</i>	624 ± 624	3846 ± 621	**
<i>Hypericum maculatum</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Juncus articulatus</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Juncus bufonius</i>	104 ± 104	208 ± 139	n.s.
<i>Juncus effusus</i>	312 ± 222	832 ± 532	n.s.
<i>Lamium purpureum</i>	1663 ± 519	1351 ± 271	**
<i>Leontodon hispidus</i>	—	208 ± 139	n.s.
<i>Lolium perenne</i>	—	2079 ± 727	n.s.
<i>Medicago lupulina</i>	1455 ± 386	1039 ± 380	n.s.
<i>Medicago minima</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Medicago sativa</i>	—	208 ± 139	n.s.
<i>Origanum vulgare</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Picris hieracioides</i>	312 ± 159	—	n.s.
<i>Plantago lanceolata</i>	104 ± 104	208 ± 208	n.s.
<i>Poa pratensis</i>	312 ± 222	1663 ± 762	n.s.
<i>Ranunculus bulbosus</i>	416 ± 170	416 ± 230	n.s.
<i>Rumex acetosa</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Stellaria media</i>	1039 ± 410	520 ± 232	n.s.
<i>Taraxacum officinale</i>	104 ± 104	1663 ± 470	**
<i>Trifolium pratense</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Trifolium repens</i>	520 ± 173	312 ± 159	n.s.
<i>Urtica dioica</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Verbena officinalis</i>	—	104 ± 104	n.s.
Sin identificar	416 ± 170	104 ± 104	n.s.

Los resultados para la parcela *secano extensivo* se resumen en la Tabla 3. En esta ocasión las diferencias entre el periodo invernal y el estival se detectaron en el 16% de las especies, las cuales se citan a continuación. *Brachypodium pinnatum* pasó de presentar 207 semillas/m² en los primeros 20 cm de suelo en febrero a tener 935 en julio, *Bromus hordeaceus* no se identificó en invierno y en verano se cuantificó en 2078 semillas/m², lo mismo ocurrió con *Cerastium fontanum* y *Festuca rubra* que sólo estuvieron presentes en julio con 518 y 623 semillas/m² respectivamente. *Holcus lanatus* incrementó sus reservas de semilla de 103 a 7171 semillas/m², *Plantago lanceolata* pasó de tener 1143 semillas/m² en febrero a 2182 en julio, mientras que *Plantago major* en febrero presentó 1351 semillas/m² y en julio no se identificó. Por último *Verbena officinalis* también disminuyó sus reservas en el suelo a lo largo de la campaña, las 8938 semillas/m² en febrero se redujeron a 3845 en julio.

Por último en la Tabla 4 se exponen las composiciones florísticas de los banco de semillas del *prado de diente*, la parcela de gestión más extensiva. En esta ocasión, en el 10,4% de las especies identificadas se encontraron diferentes densidades en febrero y en julio. Así *Cerastium fontanum* del que no se encontraron semillas en febrero se identificaron en julio 415 semillas/m², *Daucus carota* fue más abundante en febrero con una densidad de 935 semillas/m² que en julio con 103 semillas/m², también *Hieracium pilosella* tuvo más individuos en febrero (1870 semillas/m²), que en julio (623 semillas/m²), y parecido comportamiento se observó en *Pimpinella saxifraga*, sólo presente en febrero con 623 semillas/m², y *Plantago media* (3118 semillas/m² en febrero y sólo 1039 en julio). La mayoría de estas especies, a diferencia de los otros tres prados, disminuyen sus reservas de semilla en el suelo en julio.

TABLA 3

Composición florística comparada del banco de semillas del prado de secano extensivo en los muestreos de febrero y julio. Densidad estimada en número medio de semillas/m² ± error estándar. Prueba de Mann-Withney (n=20; p<0,001 ***; p<0,01 **; p<0,05 *; p>0,05 n.s.).
 Species composition of soil seed bank of the non irrigated extensive meadow in February and July sampling. Seed density estimated as mean number of seed/m² ± standard error. Mann-Withney non parametric test (n=20; p<0.001 ***; p<0.01 **; p<0.05 *; p>0.05 n.s.).

Parcela: S-2 Prado de Secano Manejo Extensivo	BANCO DE SEMILLAS (n=10) número medio de individuos		
	Media/m ² ± s.e.		P
	FEBRERO-1993	JULIO-1993	
ESPECIES			
<i>Achillea millefolium</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Agrostis capillaris</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Anagallis arvensis</i>	208 ± 139	208 ± 208	n.s.
<i>Aphanes arvensis</i>	208 ± 139	—	n.s.
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	104 ± 104	832 ± 533	n.s.
<i>Atriplex patula</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Belvis perennis</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Brochopodium pinnatum</i>	208 ± 208	935 ± 288	*
<i>Bromus hordeaceus</i>	—	2088 ± 759	***
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	312 ± 159	—	n.s.
<i>Carex caryophylla</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Centaureum erythraea</i>	—	416 ± 230	n.s.
<i>Cerastium fontanum</i>	—	520 ± 232	*
<i>Chenopodium album</i>	208 ± 208	208 ± 208	n.s.
<i>Clinopodium vulgare</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Dactylis glomerata</i>	520 ± 319	104 ± 104	n.s.
<i>Daucus carota</i>	416 ± 170	104 ± 104	n.s.
<i>Festuca arundinacea</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Festuca pratensis</i>	—	312 ± 159	n.s.
<i>Festuca rubra</i>	—	624 ± 277	*
<i>Galium verum</i>	624 ± 230	1351 ± 411	n.s.
<i>Geranium rotundifolium</i>	208 ± 139	728 ± 411	n.s.
<i>Holcus lanatus</i>	104 ± 104	7172 ± 1537	***
<i>Hypericum maculatum</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Hypericum perforatum</i>	520 ± 319	104 ± 104	n.s.
<i>Juncus effusus</i>	104 ± 104	728 ± 348	n.s.
<i>Lamium purpureum</i>	1247 ± 373	1143 ± 423	n.s.
<i>Leontodon hispidus</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Medicago lupulina</i>	3326 ± 914	1559 ± 445	n.s.
<i>Medicago sativa</i>	104 ± 104	520 ± 417	n.s.
<i>Mercurialis annua</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Picris hieracoides</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Plantago lanceolata</i>	1143 ± 923	2183 ± 628	*
<i>Plantago major</i>	1351 ± 621	—	*
<i>Plantago media</i>	1039 ± 490	520 ± 232	n.s.
<i>Poa pratensis</i>	312 ± 222	104 ± 104	n.s.
<i>Polygonum aviculare</i>	416 ± 230	—	n.s.
<i>Potentilla reptans</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Prunella laciniata</i>	520 ± 520	520 ± 279	n.s.
<i>Ranunculus acris</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Ranunculus bulbosus</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Rumex acetosa</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Sanguisorba minor</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Stellaria media</i>	3222 ± 961	1871 ± 576	n.s.
<i>Taraxacum officinale</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Trifolium pratense</i>	728 ± 440	208 ± 139	n.s.
<i>Trifolium repens</i>	208 ± 139	208 ± 139	n.s.
<i>Valerianella dentata</i>	208 ± 139	208 ± 139	n.s.
<i>Verbena officinalis</i>	8939 ± 1761	3846 ± 1085	*
<i>Vicia sativa</i>	—	104 ± 104	n.s.
Sin identificar	312 ± 159	—	n.s.

TABLA 4

Composición florística comparada del banco de semillas del prado de diente en los muestreos de febrero y julio. Densidad estimada en número medio de semillas/m² ± error estándar.

Prueba de Mann-Withney (n=20; p<0,001 ***; p<0,01 **; p<0,05 *; p>0,05 n.s.).

Species composition of soil seed bank of the grazed meadow in February and July sampling. Seed density estimated as mean number of seed/m² ± standard error. Mann-Withney non parametric

test (n=20; p<0.001 ***; p<0.01 **; p<0.05 *; p>0.05 n.s.).

Parcela: P Prado de Diente Manejo Extensivo	BANCO DE SEMILLAS (n=10) número medio de individuos		
	Media/m ² ± s.e.		P
	FEBRERO-1993	JULIO-1993	
ESPECIES			
<i>Achillea millefolium</i>	104 ± 104	208 ± 139	n.s.
<i>Agrostis capillaris</i>	312 ± 222	—	n.s.
<i>Anagallis arvensis</i>	416 ± 230	104 ± 104	n.s.
<i>Aphanes arvensis</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	104 ± 104	312 ± 159	n.s.
<i>Atriplex patula</i>	104 ± 104	520 ± 417	n.s.
<i>Bellis perennis</i>	104 ± 104	520 ± 232	n.s.
<i>Bilderdia convolvulus</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	312 ± 222	—	n.s.
<i>Carex caryophylla</i>	208 ± 208	312 ± 159	n.s.
<i>Centaurea nigra</i>	104 ± 104	208 ± 208	n.s.
<i>Cerastium fontanum</i>	—	416 ± 170	*
<i>Chenopodium album</i>	—	624 ± 230	n.s.
<i>Clinopodium vulgare</i>	312 ± 312	—	n.s.
<i>Crepis capillaris</i>	416 ± 230	520 ± 319	n.s.
<i>Dactylis glomerata</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Daucus carota</i>	935 ± 362	104 ± 104	*
<i>Fumaria officinalis</i>	—	624 ± 416	n.s.
<i>Galium verum</i>	728 ± 222	1247 ± 404	n.s.
<i>Geranium rotundifolium</i>	104 ± 104	520 ± 232	n.s.
<i>Hieracium pilosella</i>	1871 ± 532	624 ± 353	*
<i>Holcus lanatus</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Hypericum perforatum</i>	—	416 ± 230	n.s.
<i>Juncus bufonius</i>	520 ± 520	—	n.s.
<i>Juncus effusus</i>	208 ± 208	104 ± 104	n.s.
<i>Lamium purpureum</i>	312 ± 159	—	n.s.
<i>Lotus corniculatus</i>	624 ± 318	416 ± 230	n.s.
<i>Medicago arabica</i>	104 ± 104	—	n.s.
<i>Medicago lupulina</i>	728 ± 222	2287 ± 787	n.s.
<i>Medicago minima</i>	208 ± 139	—	n.s.
<i>Medicago sativa</i>	—	208 ± 139	n.s.
<i>Origanum vulgare</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	624 ± 230	—	*
<i>Plantago lanceolata</i>	3326 ± 772	3742 ± 1098	n.s.
<i>Plantago major</i>	52 386 ± 6200	45 838 ± 4595	n.s.
<i>Plantago media</i>	3118 ± 710	1039 ± 346	*
<i>Potentilla reptans</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Potentilla verna</i>	312 ± 312	416 ± 318	n.s.
<i>Prunella laciniata</i>	416 ± 318	624 ± 230	n.s.
<i>Rumex crispus</i>	520 ± 173	208 ± 139	n.s.
<i>Sanguisorba minor</i>	104 ± 104	624 ± 277	n.s.
<i>Stellaria media</i>	2599 ± 605	2391 ± 581	n.s.
<i>Taraxacum officinale</i>	—	104 ± 104	n.s.
<i>Trifolium repens</i>	312 ± 222	416 ± 230	n.s.
<i>Trifolium striatum</i>	104 ± 104	104 ± 104	n.s.
<i>Valeriana dentata</i>	312 ± 222	728 ± 440	n.s.
<i>Verbena officinalis</i>	935 ± 501	208 ± 208	n.s.
<i>Veronica hederifolia</i>	104 ± 104	—	n.s.
Sin identificar	728 ± 271	—	n.s.

DISCUSIÓN

Los valores medios de densidad de semillas y del número de especies estimados en los suelos de las distintas comunidades, confirman lo ya ampliamente apuntado por varios autores sobre la influencia del manejo en la composición de los bancos de semillas del suelo. (Donelan y Thompson, 1980; Howe y Chancellor, 1983; Schenkeveld y Verkaar 1984; Bakker *et al.*, 1996; Bekker *et al.*, 1997; Kalamees y Zobel, 1997). Generalmente los prados sometidos a manejos más intensivos presentan menores cantidades de estos dos parámetros.

Los contenidos de semillas enterradas variaron a lo largo de la campaña vegetativa según el tipo de comunidad. En los prados con régimen de aprovechamiento intensivo las densidades totales enterradas se doblaron en julio, mientras que en los extensivos no se apreciaron diferencias. Varios autores han detectado esta gran variación estacional que contrasta con las escasas diferencias interanuales en las poblaciones de semillas del suelo (Thompson y Grime, 1979; Schenkeveld y Verkaar 1984; Graham y Hutchings, 1988; Lavorel *et al.*, 1993). El muestreo de julio parece coincidir plenamente con el máximo anual de producción de semillas de los prados más intensivos (Reiné y Fillat, 1992), mientras que los extensivos tienen un desarrollo vegetativo más lento, que podría causar la ausencia de diferencias en la época muestral de julio. También el número medio de especies se vio incrementado en el muestreo estival en todas las comunidades, excepto de nuevo en la más extensiva. De los autores citados anteriormente, únicamente Graham y Hutchings (1988) no encontraron una variación estacional clara en el número de especies.

La mayoría de las comunidades aumentan sus efectivos tanto de semillas como de número de especies en julio. La recarga parece claramente debida a la producción de nuevas semillas (Harper, 1977). Estas se incorporarán en profundidad, fruto de los continuos movimientos verticales a los que están sometidas, evidenciando una segunda dispersión, esta vez en el interior del suelo (Simpson *et al.*, 1989).

Thompson y Grime (1979), estudiando estas variaciones estacionales en diez hábitats diferentes, argumentan que son debidas únicamente a la composición florística de cada parcela, y no las relacionan con los distintos ambientes, sin embargo Lavorel *et al.* (1993) puntualizan que el comportamiento de cada especie también depende de otros factores como el estado sucesional de la comunidad, las condiciones ambientales locales y la historia de la vegetación. Por todo ello, decidimos analizar las variaciones de los números de semillas de las distintas especies en cada comunidad.

Nuestros resultados han indicado un incremento significativo en el banco de julio de un conjunto de especies, en su mayoría gramíneas (*Agrostis capillaris*, *Bromus*

hordeaceus, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, etc.) y de alguna dicotiledónea como *Taraxacum officinale* y *Cerastium fontanum*. Tan sólo en los prados de gestión más extensiva, se detectaron algunos taxones como *Plantago major*, *Plantago media* y *Verbena officinalis* que disminuyeron sus reservas en el suelo en la época estival.

Además, algunas especies repitieron este comportamiento en más de una comunidad, como *Agrostis capillaris*, *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, y *Cerastium fontanum*, que aumentaron siempre sus reservas en julio. Este hecho estaría de acuerdo con las conclusiones de Thompson y Grime (1979), según los cuales las especies adoptan siempre la misma estrategia en la formación de sus bancos de semilla, independientemente del tipo de comunidad en la que se encuentren.

Thompson y Grime (1979), también encontraron en su trabajo semillas de algunas gramíneas únicamente durante el periodo estival que precede a su producción, por lo que las clasificaron como formadoras de bancos transitorios. A este grupo pertenecen algunas de nuestras especies que sólo se hallaron en el segundo muestreo, como *Arrhenatherum elatius*, *Bromus hordeaceus* y *Festuca pratensis*, cuyo dominio en la producción de semillas en la época de realización del primer corte de estos prados, era ya conocido (Reiné y Fillat, 1992). Schenkeveld y Verkaar (1984) relatan que, en general, los bancos de las especies de corta vida en el suelo son los que mayor variación estacional poseen. Sin embargo en los resultados que se discuten han destacado significativamente por sus abundancias en julio, otras especies de gramíneas también presentes en la estación invernal en el banco y con carácter por lo tanto persistente, como *Agrostis capillaris*, *Holcus lanatus* y *Dactylis glomerata*.

Por cierto que esta última especie es clasificada por Thompson y Grime (1979) y Grime *et al.* (1988), como formadora de bancos transitorios. Sin embargo por su presencia en las dos épocas muestrales del banco, cabe clasificarla como formadora de bancos persistentes en estos prados pirenaicos. De todas formas en el último trabajo recopilatorio de Thompson *et al.* (1997), ya se acepta que algunas especies forman distintos tipos de bancos según las comunidades en las que se encuentran.

Los regímenes extensivos parecen favorecer unos aportes y pérdidas del banco menos puntuales y más continuamente segregados en el tiempo, que en principio favorecerían el ciclo regenerativo de un mayor número de especies. Consecuentemente, la distribución temporal de las especies en el banco además de estar condicionada por las características intrínsecas de cada especie (Thompson y Grime, 1979; Schenkeveld y Verkaar, 1984), también depende de las relacionadas con la comunidad (Lavorel *et al.*, 1993), entre las cuales y según nuestros resultados, el régimen de gestión parece fundamental.

Para la completa interpretación de la dinámica estacional de los bancos de las diversas especies, Lavorel *et al.* (1993) recomiendan la realización de pruebas de germinación en campo que permitan el seguimiento del desarrollo de las plántulas. Así, una vez estimada la incorporación de nuevas semillas al banco, se cuantifica también el flujo de pérdidas debidas a la germinación (Simpson *et al.*, 1989).

CONCLUSIONES

Los prados estudiados han presentado unas fuertes diferencias en sus contenidos de semillas/m² en el suelo y número medio de especies, entre el muestreo efectuado en febrero de 1993 y el de julio del mismo año. Esto indica una clara variación estacional de los componentes del banco a lo largo de un ciclo vegetativo.

Las parcelas con régimen de gestión más intensiva aumentaron su densidad de semillas en el suelo y su número de especies en la época estival. Estas variaciones evidencian un movimiento vertical de las semillas en el suelo. Los prados con gestión más extensiva no presentaron diferencias significativas en estos dos parámetros.

Las especies causantes de las diferencias en los prados intensivos fueron en su mayoría gramíneas, unas de carácter transitorio en el banco (*Arrhenatherum elatius*, *Bromus hordeaceus* y *Festuca pratensis*) y otras más persistentes en el suelo (*Agrostis capillaris*, *Holcus lanatus* y *Dactylis glomerata*). Estas últimas, además, presentaron el mismo comportamiento en más de una comunidad. En los prados de manejo extensivo, algunas especies como *Plantago major*, *Plantago media* y *Verbena officinalis* disminuyeron sus efectivos en el banco durante el muestreo de verano.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones cuyos resultados se han presentado se realizaron en el Instituto Pirenaico de Ecología de Jaca (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) bajo la financiación del proyecto E.G.R.O. «Extensive management of grassland, impact on conservation of biological resources and farm output» Convocatoria CEE, DG XII, Programme (1993-1995).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER, J.P.; BAKKER, E.S.; ROSEN, E.; VERWEIJ, G.L.; BEKKER, R.M., 1996. Soil seed bank composition along a gradient from dry alvar grassland to *Juniperus* scrub. *Journal of Vegetation Science*, **7**, 165-176.
- BARRALIS, G.; CHADOEUF, R., 1980. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: I. Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. *Weed Research*, **20**, 231-237.
- BEKKER, R.; VERWEIJ, G.; SMITH, R.; REINÉ, R.; BAKKER, J.P.; SCHNEIDER, S., 1997. Soil seed bank in European grasslands. Does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology*, **34**, 1293-1310.
- DONELAN, M.; THOMPSON, K., 1980. Distribution of buried viable seeds along a successional series. *Biological Conservation*, **17(1)**, 279-311.
- EVANS, A.S.; MITCHELL, R.J.; CABIN, R.J., 1996. Morphological side effects of using gibberellic acid to induce germination: consequences for the study of seed dormancy. *American Journal of Botany*, **83(5)**, 543-549.
- FEAST, P.; ROBERTS, H.A., 1973. Note on the estimation of viable weed seeds in soil samples. *Weed Research*, **31**, 41-48.
- FENNER, M., 1985. *Seed Ecology*. Chapman and Hall, 151 pp. London-New York.
- FENNER, M., 1992. *Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CAB International, 373 pp. Oxon (UK).
- GRAHAM, D.J.; HUTCHINGS, M.J., 1988. Estimation of the seed bank of a chalk grassland ley established on former arable land. *Journal of Applied Ecology*, **25**, 241-252.
- GRIME, J.P.; HODGSON, J.G.; HUNT, R., 1988. *Comparative Plant Ecology: "A functional approach to common British species"*. Unwin Hyman Ltd., 752 pp. London.
- GROSS, K.L., 1990. A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *Journal of Ecology*, **78**, 1079-1093.
- HARPER, J.L., 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, 892 pp. London and New York.
- HOWE, C.D.; CHANCELLOR, R.J., 1983. Factors affecting the viable seed content of soils beneath lowland pastures. *Journal of Applied Ecology*, **20(1)**, 915-922.
- KALAMEES, R.; ZOBEL, M., 1997. The Seed Bank in an Estonian Calcareous Grassland: Comparison of Different Successional Stages. *Folia Geobot. Phytotax.*, **32**, 1-14.
- LAVOREL, S.; DEBUSSCHE, M.; LEBRETON, J.D.; LEPART, J., 1993. Seasonal patterns in the seed bank of Mediterranean old-fields. *Oikos*, **67(1)**, 114-128.
- REINÉ, R.; CHOCARRO, C., 1993. Relación entre el banco de semillas del suelo y la vegetación aérea en una comunidad pratense del Pirineo Central. *Pastos*, **23(1)**, 89-100.
- REINÉ, R.; CHOCARRO, C., 1995. Distribución espacial de la vegetación y del banco de semillas del suelo en una comunidad pratense del Pirineo Central. *Pastos*, **25(2)**, 217-231.
- REINÉ, R.; FILLAT, F., 1992. Prados de siega del Pirineo Central. Características de la producción de semillas en el primer corte. *Actas de la XXXII Reunión Científica de la S.E.E.P.*: 214-218.
- ROUNDY, B.A.; BIEDENBENDER, S.H., 1996. Germination of warm-season grasses under constant and dynamic temperatures. *Journal of Range Management*, **45(5)**, 425-431.

- SCHENKEVELD, A.J.; VERKAAR, H.J., 1984. The ecology of short-lived forbs in chalk grasslands: distribution of germinative seeds and its significance for seedling emergence. *Journal of Biogeography*, **11**, 251-260.
- SIEGEL, S., 1986. *Estadística no paramétrica*. Ed. Trillas, 344 pp. México.
- SIMPSON, R.L.; LECK, M.A.; PARKER, V.T., 1989. Seed banks: General Concepts and Metodological Issues. En: *Ecology of soil seed banks*, 3-9. Ed. V.T. PARKER, M.A. LECK, R.L. SIMPSON. Academic Press. San Diego (USA).
- TER HEERDT, G.N.T.; VERWEIJ, G.L.; BEKKER, R.M.; BAKKER, J.P., 1996. An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology*, **10**, 144-151.
- THOMPSON, K.; BAKKER, J.P.; BEKKER, R.M., 1997. *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. Cambridge University Press, 276 pp. Cambridge (UK).
- THOMPSON, K.; GRIME, J.P., 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, **67**, 893-921.
- ZAR, J.H., 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, 718 pp. New Jersey.

SEASONAL CHANGES IN THE SOIL SEED BANK IN FOUR MEADOW COMMUNITIES AT THE CENTRAL PYRENEES

SUMMARY

The seasonal variation in the soil seed bank in four mountain meadows with different management practices was analysed. Soil samples were taken at the most important moments in the growth vegetation of these communities: February (zero growth) and July (first cut of the grass). The identification and quantification of the viable seeds by the germination in the controlled chamber method were carried out.

The differences between samplings in each meadow were tested using Mann-Withney test. The soil seed bank increased with the intensive management of meadows in the summer season. However this effect was not significant in the extensive management meadow, where some species reduced their seed in the soil in the summer sampling.

Key words: Soil seed bank, mountain meadows, management practices.